

ECOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSEES,
ECOLES NATIONALES SUPERIEURES DE L'AERONAUTIQUE ET DE L'ESPACE,
DE TECHNIQUES AVANCEES, DES TELECOMMUNICATIONS,
DES MINES DE PARIS, DES MINES DE SAINT-ETIENNE, DES MINES DE NANCY,
DES TELECOMMUNICATIONS DE BRETAGNE,
ECOLE POLYTECHNIQUE (FILIERE TSI)

CONCOURS D'ADMISSION 2004

EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES

Filière : PSI

(Durée de l'épreuve : 4 HEURES)

Sujet mis à la disposition des concours : CYCLE INTERNATIONAL, ENSTIM, INT, TPE-EIVP

Cette épreuve comporte 18 pages de texte (6 pages d'énoncé, une fiche technique de 1 page et 11 pages de documents annexes) et un document-réponse de 12 pages.

Il est conseillé de lire la totalité de l'énoncé avant de commencer l'épreuve.

Si au cours de l'épreuve le candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

Les questions sont organisées au sein d'une progression logique. Il est donc préférable de les traiter dans l'ordre proposé. Toutefois, ce sujet comporte plusieurs parties indépendantes.

L'usage d'ordinateur et de calculatrice est interdit.

Les calculs numériques seront faits « à la main » avec une précision de $\pm 10\%$.

Robot de pose de fibres optiques

PRESENTATION DU SYSTEME

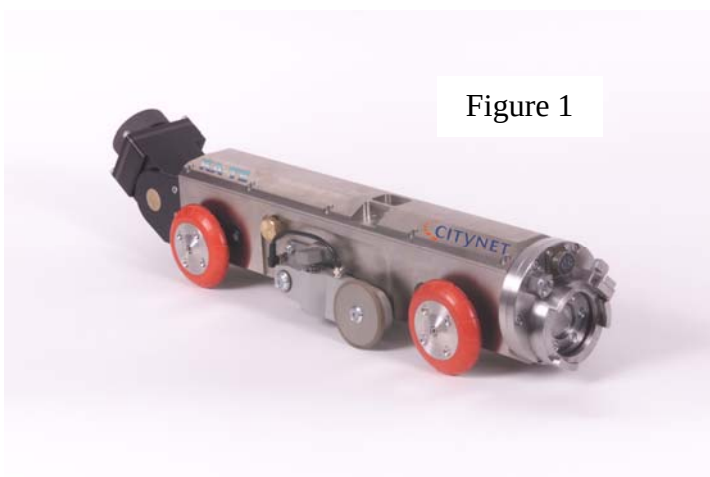


Figure 1

L'installation des réseaux souterrains de télécommunication par fibres optiques nécessite d'importants travaux de voirie :

- découpe de la chaussée
- creusement de tranchées
- pose des canalisations
- réhabilitation de la chaussée.

Outre le prix de revient important de l'opération, cette technique provoque une gêne évidente au niveau de la circulation urbaine.

La société suisse KA-TE SYSTEM propose une solution originale pour éviter ces inconvénients.

Il s'agit d'emprunter les canalisations existantes (égouts) et de confier la mise en place des fibres optiques à un robot.

Ce procédé permet l'installation de 150 à 200 m de fibre par jour, raccordement aux habitations compris.

Suivant l'opération à réaliser, le robot est équipé du module adapté :

Exemple 1 : Robot équipé du module de pose des arceaux.

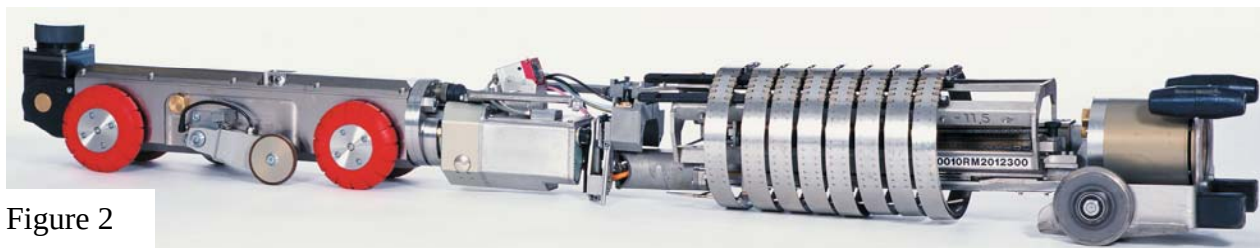


Figure 2

Exemple 2 : Robot équipé du module de pose des gaines.

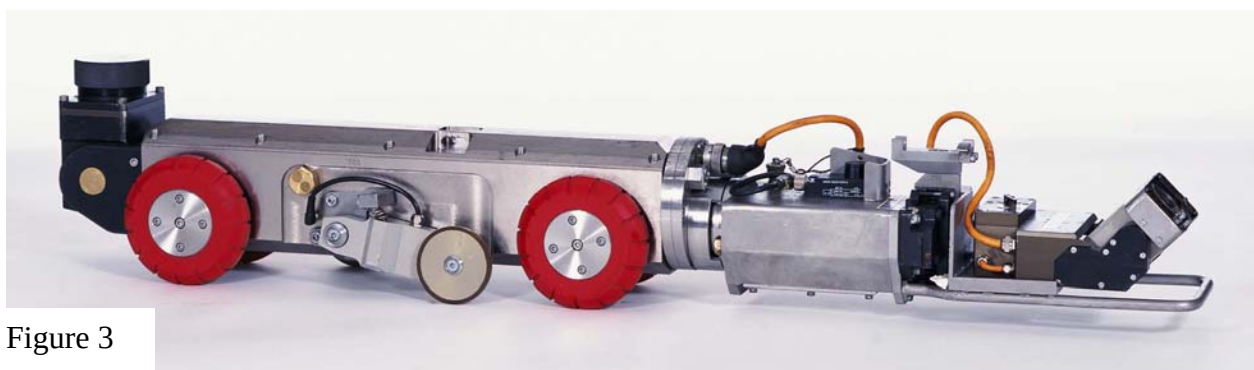


Figure 3

Chaque module est muni d'une caméra permettant la surveillance du bon déroulement des opérations.

MODE OPERATOIRE

Le principe de l'installation est de fixer à intervalles réguliers des arceaux métalliques (voir fiche technique) munis de clips dans lesquels seront placées des gaines en plastique. Les fibres optiques seront ensuite introduites manuellement dans les gaines.

Le robot est introduit dans la canalisation par un puits (figure 4).

- **Première phase** : Nettoyage de la canalisation.

Cette opération est réalisée à l'aide d'un jet d'eau à haute pression.

- **Deuxième phase** : Repérage de la position des canalisations de raccordement aux habitations.

Le module équipant le robot possède, en plus de la caméra de surveillance, une caméra montée sur un support pivotant de façon à repérer les arrivées des canalisations latérales venant des habitations (figure 5). Cette opération permettra par la suite une égale répartition des points d'attache des fibres dans la canalisation principale. La distance entre deux points d'attache doit être de l'ordre de 1,5 m.



Figure 4

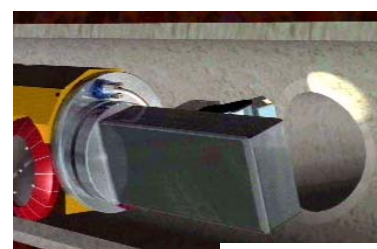


Figure 5

- **Troisième phase** : Mise en place des arceaux de fixation des fibres.
(Voir la description des brides sur la fiche technique.)

Le robot se déplace suivant l'axe de la canalisation jusqu'à la position calculée au cours de la deuxième phase.

- **Sous-phase 1** : Déploiement des bras de centrage du robot.

Les canalisations rencontrées ont un diamètre compris entre 200 et 700 mm. De façon à centrer le robot dans la canalisation lors de la pose des arceaux, celui-ci possède quatre bras articulés.

La figure 6 montre les bras en position repos.



Figure 6

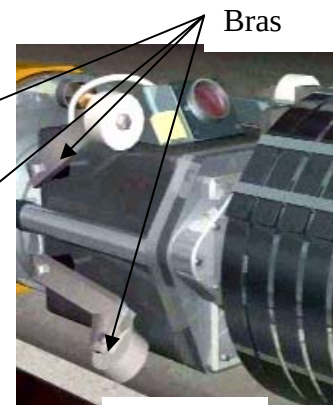


Figure 7

La figure 7 montre les bras en cours de déploiement.

- **Sous-phase 2** : Déroulement de la bride.

Situation initiale

L'outil de déroulement saisit la bride.

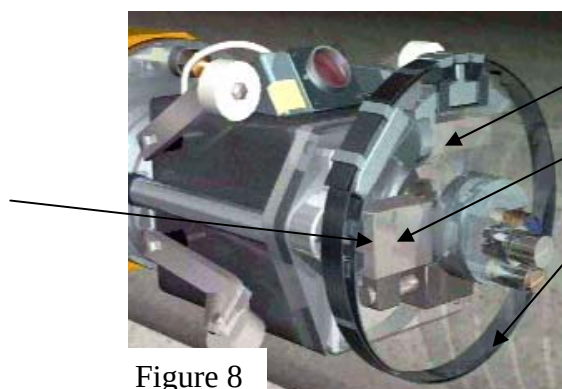


Figure 8

Outil de sertissage

Outil de déroulement

Bride

Situation en fin de déroulement

Translation de l'outil de sertissage.

Rotation de l'outil de déroulement

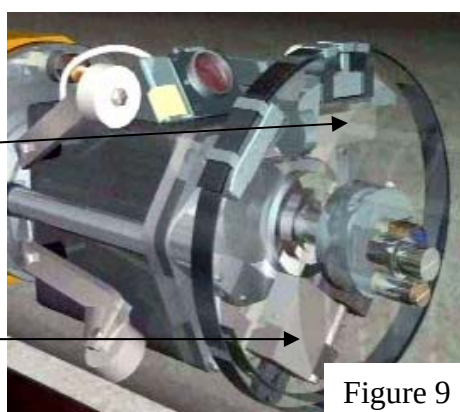


Figure 9

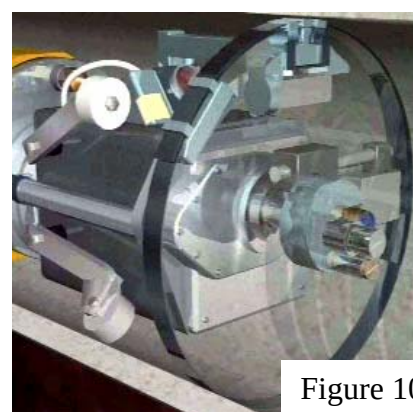


Figure 10

- **Sous-phase 3** : Sertissage de la bride.

Translation de la tige du vérin de sertissage

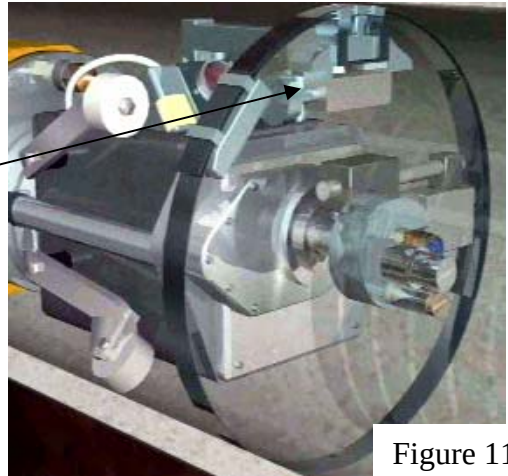


Figure 11

- **Sous-phase 4** : Retour en position initiale des outils de déroulement et de sertissage.
- **Sous-phase 5** : Rentrée des bras de centrage.
- **Quatrième phase** : Fixation des gaines en plastique sur les brides.

Les clips de fixation des gaines sont déjà sur les brides.

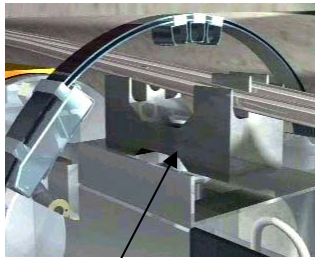


Figure 12

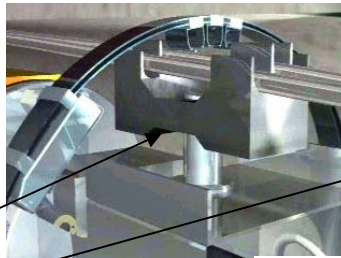


Figure 13

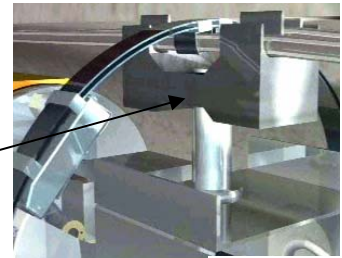


Figure 14

Translation de l'outil de pose des gaines pour fibres optiques.

- **Cinquième phase** : Mise en place des fibres optiques dans les gaines.

Cette opération se fait manuellement.

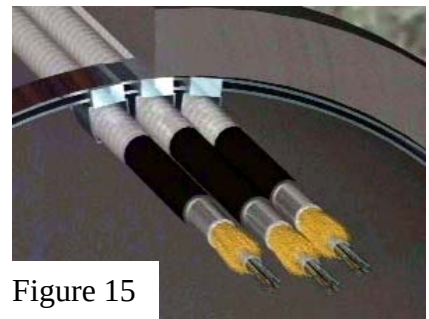


Figure 15

- **Sixième phase** : Raccordement aux habitations.

TRAVAIL DEMANDE

I - ANALYSE FONCTIONNELLE.

Objectif : Associer les fonctions techniques nécessaires à la réalisation de la fonction globale et les solutions techniques assurant ces fonctions, en utilisant l'outil de description fonctionnelle FAST.

Question 1 : **Identification des fonctions techniques** - En utilisant le mode d'emploi du robot, défini dans le mode opératoire et la fiche technique, compléter le diagramme FAST donné en annexe 1 en faisant apparaître les fonctions manquantes ainsi que les solutions techniques associées à ces fonctions.

II - VERIFICATION DES PERFORMANCES.

Objectif : Vérifier certaines performances du système en utilisant les outils de la mécanique et de l'automatique.

II - 1 : Motorisation du robot.

Le concepteur a fait le choix de deux essieux moteurs entraînés par un seul moteur électrique. Un essieu est constitué d'un axe et de deux roues en liaison encastrement avec l'axe.

Question 2 : **Elaboration d'un schéma cinématique** - A partir des données de l'annexe 2, proposer sous la forme d'un schéma cinématique une solution permettant de répondre à ce choix. Quels avantages et inconvénients voyez-vous au choix du concepteur ?

II - 2 : Direction du robot.

Le concepteur a fait le choix de deux essieux de direction fixe par rapport au châssis du robot. Le glissement des roues au contact avec la paroi de la canalisation ramènera le robot dans l'axe de la canalisation lorsqu'il s'en écartera.

Question 3 : **Comportement du robot dans la canalisation** - Par une étude statique, déterminer l'inclinaison maximum du robot. L'étude sera conduite en utilisant la modélisation et le paramétrage proposés en annexe 3. Conclure quant au respect du cahier des charges. Analyser l'influence des paramètres intervenant dans l'étude.

II - 3 : Positionnement des arceaux métalliques.

La deuxième phase décrite dans le mode d'emploi du robot indique une volonté de répartir uniformément les arceaux entre deux points de raccordement aux habitations. Pour cela, le déplacement du robot est asservi selon la modélisation et le paramétrage proposés en annexe 4.

Question 4 : **Réglage de l'asservissement** - Représenter l'asservissement de déplacement du robot sous la forme d'un schéma-blocs, et déterminer les valeurs de certains paramètres de l'asservissement de façon à obtenir la rapidité et la stabilité demandées par le cahier des charges.

II - 4 : Centrage du robot.

De façon à pouvoir dérouler les arceaux métalliques, le chariot est centré dans la canalisation à l'aide de quatre bras actionnés par un vérin hydraulique.

Question 5 : Centrage du robot dans la canalisation - Par une étude cinématique, déterminer la course de la tige du vérin de commande des bras de centrage ainsi que la vitesse des extrémités des bras inférieurs lorsqu'ils viennent en contact avec la canalisation. L'étude sera conduite en utilisant la modélisation et le paramétrage proposés en annexe 5.

Question 6 : Comportement dynamique du robot - En utilisant la modélisation et le paramétrage proposés en annexe 6, déterminer par une étude dynamique la relation entre l'effort F du vérin sur les bras et les paramètres de mouvement.

Question 7 : Action exercée par le vérin - Pour chaque diagramme donné en annexe 6, analyser le comportement du robot. Déterminer les vitesses $\dot{\delta}$ en fin de course. En déduire les valeurs de F respectant le cahier des charges.

III - SOLUTIONS TECHNIQUES.

Objectif : Proposer des solutions ou modifier des solutions existantes en utilisant les outils de représentation graphique.

III - 1 : Déploiement des bras de centrage du robot.

L'utilisation de quatre bras de centrage commandés par un seul vérin pour centrer le robot dans la canalisation peut conduire à une réalisation hyperstatique qui risque de gêner le fonctionnement de ce système. Il serait pour le moins dommage de voir le robot rester coincé dans la canalisation.

L'annexe 7 présente sous forme de schéma cinématique la modélisation d'une réalisation hyperstatique.

Question 8 : Recherche d'une solution isostatique - Après analyse de la solution présentée, proposer une autre solution rendant le mécanisme isostatique.

III - 2 : Connexion.

La connexion des fibres optiques de chaque habitation au câble fixé dans la canalisation principale se fait par pilotage manuel du robot équipé du module de raccordement et d'une caméra. Il faut amener les plans de connexion des deux raccords en correspondance. (Voir l'annexe 8)

Question 9 : Etude d'une nouvelle solution - Afin de serrer le raccord B entre les deux doigts de la pince 2, proposer sous forme d'un schéma cinématique une solution pour que le doigt mobile 3-2 ait un mouvement de translation par rapport au doigt fixe 3-1.

Question 10 : Description d'un mode opératoire - Préciser et ordonner les mouvements nécessaires à donner aux éléments du module de raccordement pour positionner le raccord B dans le raccord A.

Question 11 : Etude d'une solution - Proposer une solution permettant la rotation du raccord B dans la pince 2 pour dégager les cosses.

FICHE TECHNIQUE

Description des arceaux (ou brides) métalliques et des clips de fixation des gaines pour fibres optiques.

Les canalisations rencontrées ont un diamètre compris entre 200 et 700 mm. Les brides ont un diamètre adapté à celui de la canalisation.



Figure 16

Arceau en position dans la canalisation



Figure 17

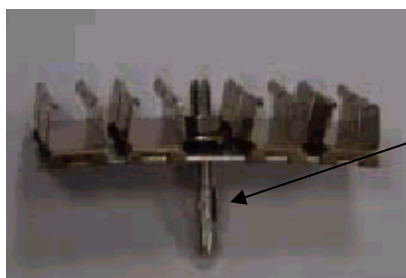


Figure 18

Clip de fixation des gaines

Gaines fixées sur l'arceau

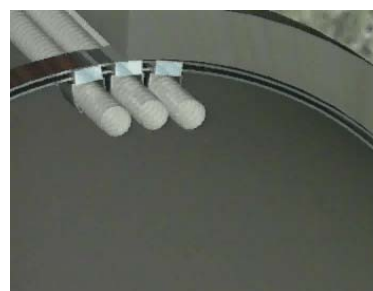


Figure 19

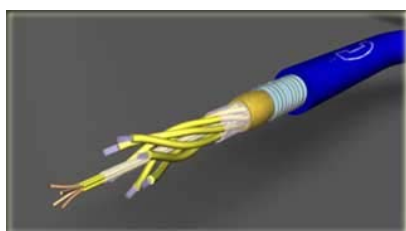


Figure 20

Fibres optiques

Fibres enfilées dans les gaines

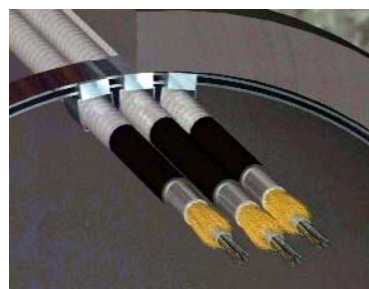


Figure 21